

УДК 519.6

Квантовые роевые алгоритмы

Скобцов Юрий Александрович

ya_skobtsov@list.ru

SPIN-код: 4948-4065

Государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Представлены новые мета-эвристики, построенные на основе слияния методов роевого интеллекта и квантовых алгоритмов. Потенциальное решение здесь представляется кубитами, в процессе поиска оно эволюционирует с помощью квантовых операторов. При этом путем наблюдения двоичного (или вещественного) из квантового представления (кубитов) формируются и обрабатываются двоичные (или вещественные) решения, которые далее доводятся до (суб)оптимальных с помощью роевых алгоритмов. В качестве роевых можно использовать различные алгоритмы: оптимизации роя частиц, муравьиные, пчелиные и другие.

Ключевые слова: квантовые вычисления, роевые алгоритмы, квантовые роевые алгоритмы, муравьиные алгоритмы

Введение. Роевые алгоритмы — это мета-эвристики для решения вычислительно сложных задач оптимизации, основная идея которого состоит в том, чтобы распределить вычислительные ресурсы по множеству относительно простых агентов, называемых частицами роя [1]. При этом поведение каждой частицы описывается простыми правилами, которые сформулированы на основании модели повелений реальных компонентов роя. Оригинальные предложения, такие как роевые, муравьиные и многие другие разработаны для классических компьютеров [1, 2]. В настоящее время, роевые методы переосмысливаются, и разрабатываются новые алгоритмы, с использованием моделей квантовой механики [3], которые используются в классических компьютерах.

Методы и материалы; результаты. Представление(кодирование) потенциального решения в ЭКА использует концепцию кубитов. Состояние кубита может быть представлено следующим образом [3] $|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, где α и β — комплексные числа, которые определяют амплитуды соответствующих состояний. Квантовый роевой алгоритм содержит следующие основные этапы. Сначала выполняется инициализация квантовых частиц $Q(t)$ с последующим наблюдением, где квантовое представление переводится в двоичное (или вещественное). Далее оценивается качество полученных частиц (двоичных или вещественных) и запоминаются лучшие решения. В основном цикле осуществляются указанные процедуры наблюдения и оценки потенциальных решений, после которых производится модификация квантовой популяции с использованием стандартных квантовых вентилей [3, 5]. Отметим, что здесь процедуры наблюдения и изменения модифицированы для работы с кванто-

выми частицами вместо квантовых особей (которые используются в квантовых эволюционных алгоритмах) [4, 5]. Основным отличием данного алгоритма является то, что из квантового представления путем наблюдения формируются и обрабатываются двоичные (или вещественные) решения, которые далее доводятся до (суб)оптимальных с помощью роевых алгоритмов. Кроме роевых алгоритмов, в основном, на этапе «доводки» можно использовать и другие, например, муравьиные, пчелиные и т. п. [5]. Например, в [6] разработана квантовая версия пчелиных алгоритмов, названная квантово-вдохновленными пчелиными алгоритмами (QABC). Как и свои предшественники эти алгоритмы, как правило, применяются для численной оптимизации и апробированы на эталонных функциях. Они апробированы на тестовых проблемах численной и комбинаторной оптимизации, таких, как задачи об укладке рюкзака и коммивояжера.

Заключение. Квантовые роевые алгоритмы обладают отличной способностью глобального поиска из-за своего разнообразия, обусловленной вероятностным представлением, и имеют быструю сходимость к лучшему решению за счет использования прошлой истории особи. Они также имеют более четкое условие завершения и меньшее время вычислений. Экспериментальные результаты для тестовых функций (benchmarks) подтвердили эти характеристики.

Список источников

- [1] Родзин С.И., Скобцов Ю.А., Эль-Хатиб С.А. *Биоэвристики: теория, алгоритмы и приложения*. Чебоксары, ИД «Среда», 2019, 224 с.
- [2] Скобцов Ю.А., Сперанский Д.В. *Эволюционные вычисления*. Москва, Национальный Университет ИНТУИТ, 2016.
- [3] Нильсен М., Чанг И. *Квантовые вычисления и квантовая информация*. Москва, Мир, 2006.
- [4] Скобцов Ю.А. Роевые квантовые алгоритмы. *Прикладной искусственный интеллект: перспективы и риски. Междунар. конф.: сб. докл.* Санкт-Петербург, ГУАП, 2024, с. 334–336.
- [5] Скобцов Ю.А. *Современные эволюционные алгоритмы*. Санкт-Петербург, ГУАП, 2024, 372 с.
- [6] Ross M.H.O. A review of quantum-inspired metaheuristics: Going from classical computers to real quantum computers. *IEEE Access*, 2020, vol. 8, pp. 814–838.